

DEVICE FOR REGENERATION TELETEXT SIGNAL

Patent Number: JP1097083
Publication date: 1989-04-14
Inventor(s): ICHII YUTAKA
Applicant(s): VICTOR CO OF JAPAN
Requested Patent: ☐ JP1097083
Application: JP19870255309 19871009
Priority Number(s):
IPC Classification: H04N7/08
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To suppress the occurrence of an error in a teletext signal by providing a first input terminal to which video signal where luminance signal and synchronizing signal are combined is supplied, a second input terminal for which chrominance signal is supplied, and a teletext signal conversion part, and sampling the teletext signal from the luminance signal inputted to the first input terminal in a teletext signal reception circuit.

CONSTITUTION: The teletext signal is sampled in the teletext signal reception circuit 33 is inputted to an NTSC encoder 34 as an RGB signal, and supplied to RGB output terminals 43, 44 and 45. Switches 37, 38 and 39 switch signals obtained directly from a VTR by control signals CTL outputted from the teletext signal reception circuit 33 and the teletext signal obtained from the teletext signal reception circuit 33. For displaying the teletext signal, the RGB output of the teletext signal reception circuit 33 is outputted as it is, or it is fetched as Y output, C output and composite output of said outputs by switching respective switches to downward side.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Counterpart of ⑥

69
対称

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-97083

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月14日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 3 F 9/02

G 0 3 F 9/02

H

7/20

7/20

5 2 1

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 6 B

5 1 6 Z

5 2 6 A

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願平8-269418

(22) 出願日

平成8年(1996) 9月19日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 宮井 恒夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 今井 裕二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

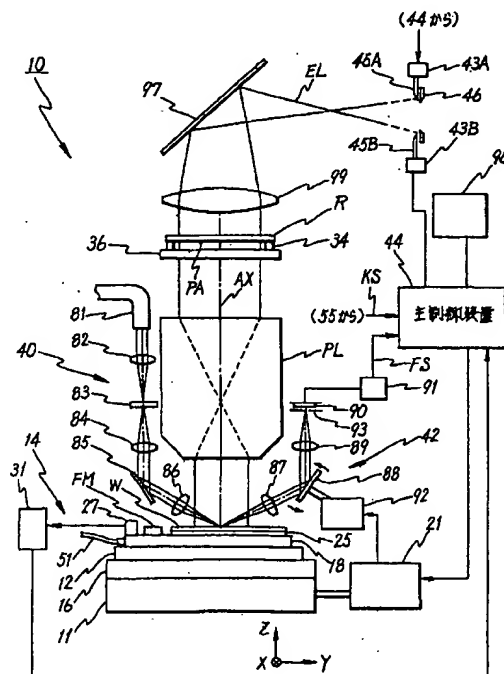
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 投影露光方法及び投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 露光領域の形状変更に左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なう。

【解決手段】 感光基板W上の露光領域を設定する可変視野絞り45A、45Bの設定情報に基づいて、露光領域の中心が投影光学系PLの焦点に一致するように焦点調整が行なわれる。このため、可変視野絞り45A、45Bを用いて投影光学系PLの露光可能領域内において露光可能領域のある一部のみを露光領域として設定し、この部分のみ露光を行なう場合でも、設定された露光領域について正しく焦点を合わせた状態で露光が行われることから、解像力の向上を図ることができ、これにより、露光領域の形状変更に左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なうことが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光光によりパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に露光する投影露光方法であって、

露光に先立って、前記感光基板上の露光領域を設定する可変視野絞りの設定情報に基づいて、前記露光領域の中心が前記投影光学系の焦点に一致するように焦点調整を行なうことを特徴とする投影露光方法。

【請求項2】 前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、露光位置と異なる位置で、前記露光領域の中心の前記感光基板表面を前記投影光学系の焦点面に合焦させた後、前記感光基板の光軸方向の位置を保持したまま、前記感光基板を所定の露光位置に位置決めすることとを特徴とする請求項1に記載の投影露光方法。

【請求項3】 露光光によりパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に露光する投影露光方法であって、

前記投影光学系の像面湾曲を測定する第1工程と；前記第1工程で得られた像面湾曲データと前記感光基板上の露光領域の形状を規定する可変視野絞りの設定情報とに基づいて、前記露光領域の中心で焦点位置合わせを行なう第2工程とを含む投影露光方法。

【請求項4】 前記第1、第2工程の動作を露光の際に、露光開始に先立って行なうことを特徴とする請求項3に記載の投影露光方法。

【請求項5】 前記第1工程における測定は前記感光基板上の少なくとも3点について行なうことを特徴とする請求項3又は4に記載の投影露光方法。

【請求項6】 前記第2工程に先立って、前記第1工程で得られたデータを2次ないし6次関数を用いて補間し、

前記第2工程においてこの補間後の像面湾曲データと前記可変視野絞りの設定情報とに基づいて、前記露光領域の中心で焦点位置合わせを行なうことを特徴とする請求項5に記載の投影露光方法。

【請求項7】 露光光によりパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に露光する投影露光装置であって、

前記感光基板を保持して前記投影光学系の光軸方向及びこれに直交する面内の直交二軸方向を含む少なくとも3軸方向に移動可能な試料台と；前記試料台の少なくとも前記3軸方向の位置を制御する位置制御系と；前記投影光学系の光軸近傍で前記感光基板の前記光軸方向の位置を検出する焦点検出系と；前記パターン像が投影される前記感光基板上の露光領域を設定する可変視野絞りと；前記可変視野絞りの設定情報に基づいて前記感光基板上の露光領域を認識し、前記位置制御系と前記焦点検出系

とを用いて、前記露光領域のほぼ中心を前記投影光学系の焦点に合焦させた後、前記感光基板上の露光領域を所定の露光位置に移動させる制御手段とを有する投影露光装置。

【請求項8】 露光光によりパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に露光する投影露光装置であって、

前記感光基板を保持して前記投影光学系の光軸方向及びこれに直交する面内の直交二軸方向を含む少なくとも3軸方向に移動可能な試料台と；前記試料台の少なくとも前記3軸方向の位置を制御する位置制御系と；前記投影光学系の光軸近傍で前記感光基板の前記光軸方向の位置を検出する焦点検出系と；前記パターン像が投影される前記感光基板上の露光領域を設定する可変視野絞りと；前記感光基板上の少なくとも3点について計測された前記投影光学系の像面湾曲データが記憶されているメモリと；前記像面湾曲データに基づいて、前記投影光学系の前記露光領域内の合焦位置と、前記投影光学系の光軸近傍の合焦位置との差分を演算する演算手段と；前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、前記位置制御系を介して前記露光領域のほぼ中心の領域が前記焦点検出系の検出中心に一致するように前記感光基板を位置決めし、前記差分を用いて前記露光領域の焦点調整を行なう制御手段とを有する投影露光装置。

【請求項9】 露光光によりパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に露光する投影露光装置であって、

基準平面内を2次元移動可能な基板ステージと；前記基板ステージ上に搭載され、前記感光基板を保持して投影光学系の光軸方向に微動可能な試料台と；前記基板ステージと前記試料台とをそれぞれの移動方向に駆動する駆動系と；前記試料台の前記基準平面内の位置を計測する位置計測手段と；前記位置計測手段の出力をモニタしつつ前記駆動系を介して前記基板ステージの位置を制御するステージ制御系と；前記投影光学系の光軸近傍で前記感光基板の前記光軸方向の位置を検出する焦点検出系と；前記パターン像が投影される前記感光基板上の露光領域を設定する可変視野絞りと；前記投影光学系の最良結像面を検出する第2の焦点検出系と；前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、前記可変視野絞りで設定された前記露光領域内の複数点の前記投影光学系の像面湾曲データを前記第2の焦点検出系を用いて計測する像面湾曲計測手段と；前記像面湾曲データに基づいて前記露光領域内の合焦位置と前記焦点検出系の検出中心近傍での前記投影光学系の合焦位置との差分を演算する演算手段と；前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、前記ステージ制御系を介して前記可変視野絞りで設定された前記露光領域の中心点が前記焦点検出系の検出中心に一致す

るよう前記感光基板を位置決めし、前記差分を用いて前記焦点検出系を調整して焦点位置合わせを行なう制御手段とを有する投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は投影露光方法及び投影露光装置に係り、更に詳しくは露光光によりパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に露光する投影露光方法及びこの露光方法が適用される投影露光装置に関する。本発明は、視野絞りにより規定される感光基板上の露光領域の形状の如何に拘わらず、その露光領域の中心で焦点位置合わせを行なう点に特徴を有するものである。

【0002】

【従来の技術】紫外線等の露光光を用いてマスクパターンを投影光学系を介してステージ上の感光基板上に転写する投影露光装置は、半導体集積回路の製造を始めとする種々の精密加工の分野で実用化されている。これらの投影露光装置では、投影光学系の結像面の焦点深度の幅内に感光基板の現在の露光ショット領域を設定する機構である合焦機構、即ちオートフォーカス機構が必要である。

【0003】そのような合焦機構は一般的には、①直接方式と②間接方式とに分類される。①の直接方式では、ステージ上に設けた基準面におけるマスクパターンの像の合焦点が露光光を用いて直接に検出される。具体的には、例えば特開平1-286418号公報に開示されているように、マスクパターン面に形成された特殊なマークの像がその基準面上に投影される。そして、その基準面に形成されたマークの投影像を投影光学系及びマークを介して観察し、マークにより絞られた投影像の光量のピークを検出することにより合焦点が判別される。

【0004】一方、②の間接方式においては、投影光学系に対するステージの高さを計測する計測手段を別途設け、上述の直接方式を用いて予め求めた合焦点にその計測手段の原点を合わせ、その計測手段を用いて感光基板の露光面の高さを検出して、間接的にその露光面を合焦点まで誘導するようにしている。例えば特開平1-41962号公報または特開昭60-168112号公報には、そのステージの高さの計測手段の例として、投影光学系の外側に固定された斜入射光方式の光学系を用いてその投影光学系の直下の露光面の高さを計測する機構が開示されている。

【0005】また、合焦機構の特別な例としては、例えば特開昭57-212406号公報において、マスクパターン面に形成した特殊なマークを直接感光基板の露光面に投影し、この投影像を投影光学系及びマークを介して検出することにより直接的に合焦点を判別する方式が開示されている。

【0006】このような背景の元で近時は、加工精度が特に高い半導体メモリデバイスの場合、波長365nmのi線を用いて焦点深度1 μ m以下の投影光学系が用いられている。この場合には、合焦点の位置決め精度として通常でも0.1 μ m以下の精度が要求され、例えば特公昭62-50811号公報に開示されている露光光の干渉現象を利用した特殊な投影露光方式では0.05 μ m以下の極めて高い精度が求められている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、最近では、露光エリアの拡大に伴い、複数チップを1度に露光する1ショット4チップ取り、1ショット6チップ取り等の形態の露光処理がなされており、かかる場合に投影光学系の露光可能領域の内の一部領域のみを露光したい場合がある。また、ウエハ上の一部領域に検査のためのパターン（TEGパターン）を形成する必要がある場合もある。この他、同一の投影露光装置で異なるチップサイズのウエハを露光したい場合や、複数種類のパターンが形成されたレチクルを用いて同一の感光基板の異なるショット領域にそれぞれのパターンを露光したい場合もある。このような場合には、マスキング処理をして露光領域を変更する必要があるため、照明光学系内に可変視野絞り（可動ブラインド）を設けて、露光領域の形状を変更することがなされている。

【0008】しかしながら、従来の投影露光装置では、合焦機構（オートフォーカス機構）の検出中心（検出点）は、露光可能領域内の決められた点（通常は投影光学系の露光可能範囲の中心部分、すなわち投影光学系の光軸）にしか設けられていなかったことから、上述したような種々の理由で投影光学系の露光可能領域内において露光可能領域の内の一部領域のみをブラインド形状を変更して露光する場合でも、焦点位置合わせは投影光学系（投影レンズ）の中心で行われており、このためブラインドで設定した露光領域について正しく焦点が合わないままの状態で露光が行われ、解像力の低下を招いていた。

【0009】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし6に記載の発明の目的は、露光領域の形状変更により左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なうことができる投影露光方法を提供することにある。

【0010】また、請求項7ないし9に記載の発明の目的は、露光領域の形状変更により左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なうことができる投影露光装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、露光光（EL）によりパターンが形成されたマスク（R）を照明し、該マスク（R）に形成されたパターンの像を投影光学系（PL）を介して感光基板（W）上に

露光する投影露光方法であって、露光に先立って、前記感光基板(W)上の露光領域(s a)を設定する可変視野絞り(45A、45B)の設定情報に基づいて、前記露光領域(s a)の中心が前記投影光学系(PL)の焦点に一致するように焦点調整を行なうことを特徴とする。

【0012】これによれば、感光基板上の露光領域を設定する可変視野絞りの設定情報に基づいて、露光領域の中心が投影光学系の焦点に一致するように焦点調整が行なわれる。このため、可変視野絞りを用いて投影光学系の露光可能領域内において露光可能領域の一部領域のみを露光領域として設定し、この部分のみ露光を行なう場合でも、設定された露光領域について正しく焦点を合わせた状態で露光が行われることから、露光領域の形状変更に左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なうことが可能となる。

【0013】この場合において、可変視野絞りで設定された露光領域について正しく焦点を合わせる方法は種々の方法を取り得るが、例えば、請求項2に記載の発明の如く、前記可変視野絞り(45A、45B)の設定情報に基づいて、露光位置と異なる位置で、前記露光領域(s a)の中心の前記感光基板(W)表面を前記投影光学系(PL)の焦点面に合焦させた後、前記感光基板(W)の光軸(AX)方向の位置を保持したまま、前記感光基板(W)を所定の露光位置に位置決めするようにしても良い。この方法は、従来の露光処理シーケンスにおいて、感光基板を所定の露光位置に位置決めする前に、可変視野絞りで設定された露光領域の中心の感光基板表面を投影光学系の焦点面に合焦させるという動作を加えるだけで良いので、ソフトウェアを僅かに変更するだけで実現することができる。

【0014】上記請求項1、2に記載の発明の場合、可変視野絞りにより設定された露光領域中心における焦点位置合わせ動作は投影光学系の露光可能領域の中心部分で行い、露光は設定された露光領域を露光位置に位置決めして行なわれることになるので、焼き付けは投影光学系の端の部分を使用する場合がある。しかるに、投影光学系には少なからず像面湾曲成分が存在するので、像面湾曲成分の影響により、焦点ずれ(フォーカスずれ)が発生する可能性がある。従って、露光領域中心における焦点位置合わせ動作の際にこの像面湾曲成分の影響による焦点ずれを補正することが望ましい。

【0015】かかる点に鑑み、請求項3に記載の発明は、露光光(EL)によりパターンが形成されたマスク(R)を照明し、該マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感光基板(W)上に露光する投影露光方法であって、前記投影光学系(PL)の像面湾曲を測定する第1工程と；前記第1工程で得られた像面湾曲データと前記感光基板(W)上の露光領域(s a)の形状を規定する可変視野絞り(45A、

45B)の設定情報とに基づいて、前記露光領域(s a)の中心で焦点位置合わせを行なう第2工程とを含む。

【0016】これによれば、第2工程において、第1工程で得られた像面湾曲データと感光基板上の露光領域を設定する可変視野絞りの設定情報とに基づいて、露光領域の中心で焦点位置合わせが行なわれるので、像面湾曲成分の影響による焦点ずれを補正した最適な焦点位置合わせが可能となる。

【0017】ここで、例えば第1工程の測定動作を予め行い、この測定結果を用いて露光の際に、第2工程の動作を行なっても良いが、請求項4に記載の発明の如く、前記第1、第2工程の動作を露光の際に、露光開始に先立って行なっても良い。

【0018】また、第1工程における測定は、請求項5に記載の発明の如く、感光基板上の少なくとも3点について行なうことが望ましい。この像面湾曲の測定点が少ない場合には、例えば、請求項6に記載の発明の如く、前記第2工程に先立って、前記第1工程で得られたデータを2次ないし6次関数を用いて補間し、前記第2工程においてこの補間後の像面湾曲データと前記可変視野絞りの設定情報とに基づいて、前記露光領域の中心で焦点位置合わせを行なうようにしても良い。このようにすれば、第1工程における測定に時間をあまり掛けることなく、ある程度正確な投影光学系の像面湾曲データを求めることが可能になるので、投影光学系のどの部分を使用して露光を行なう場合であっても像面湾曲の影響による焦点ずれを考慮した焦点位置合わせが可能となる。

【0019】請求項7に記載の発明は、露光光(EL)によりパターンが形成されたマスク(R)を照明し、該マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感光基板(W)上に露光する投影露光装置であって、前記感光基板(W)を保持して前記投影光学系(PL)の光軸(AX)方向及びこれに直交する面内の直交二軸方向を含む少なくとも3軸方向に移動可能な試料台(18)と；前記試料台(18)の少なくとも前記3軸方向の位置を制御する位置制御系(21、12、16、27、31、44)と；前記投影光学系(PL)の光軸近傍で前記感光基板の前記光軸方向の位置を検出する焦点検出系(40、42)と；前記パターン像が投影される前記感光基板(W)上の露光領域(s a)を設定する可変視野絞り(45A、45B)と；前記可変視野絞り(45A、45B)の設定情報に基づいて前記感光基板(W)上の露光領域(s a)を認識し、前記位置制御系と前記焦点検出系とを用いて、前記露光領域(s a)のほぼ中心を前記投影光学系の焦点に合焦させた後、前記感光基板(W)上の露光領域(s a)を所定の露光位置に移動させる制御手段(44)とを有する。

【0020】これによれば、試料台が感光基板を保持して投影光学系の光軸方向及びこれに直交する面内の直交

二軸方向を含む少なくとも3軸方向に移動可能とされており、この試料台の少なくとも前記3軸方向の位置が位置制御系により制御される。また、焦点検出系では投影光学系の光軸近傍で感光基板の光軸方向の位置を検出するようになっている。

【0021】この場合、マスクに形成されたパターン像が投影される感光基板上的露光領域が可変視野絞りにより設定されると、制御手段では、可変視野絞りの設定情報に基づいて感光基板上的露光領域を認識し、位置制御系と焦点検出系とを用いて、露光領域のほぼ中心を投影光学系の焦点に合焦させた後、感光基板上的露光領域を所定の露光位置に移動させる。このため、可変視野絞りをを用いて投影光学系の露光可能領域内において露光可能領域の内の一部領域のみを露光領域として設定し、この部分のみ露光を行なう場合でも、設定された露光領域について正しく焦点を合わせた状態で露光が行われることから、解像力の向上を図ることができる。従って、露光領域の形状変更により左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なうことが可能となる。

【0022】請求項8に記載の発明は、露光光(EL)によりパターンが形成されたマスク(R)を照明し、該マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感光基板(W)上に露光する投影露光装置であって、前記感光基板(W)を保持して前記投影光学系(PL)の光軸(AX)方向及びこれに直交する面内の直交二軸方向を含む少なくとも3軸方向に移動可能な試料台(18)と；前記試料台(18)の少なくとも前記3軸方向の位置を制御する位置制御系(21、12、16、27、31、44)と；前記投影光学系(PL)の光軸近傍で前記感光基板の前記光軸方向の位置を検出する焦点検出系(42、44)と；前記パターン像が投影される前記感光基板(W)上の露光領域(sa)を設定する可変視野絞り(45A、45B)と；前記感光基板(W)上の少なくとも3点について計測された前記投影光学系の像面湾曲データが記憶されているメモリ(96)と；前記像面湾曲データに基づいて、前記投影光学系の前記露光領域内の合焦位置と、前記投影光学系の光軸近傍の合焦位置との差分を演算する演算手段(44)と；前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、前記位置制御系を介して前記露光領域のほぼ中心の領域が前記焦点検出系の検出中心に一致するように前記感光基板(W)を位置決めし、前記差分を用いて前記露光領域の焦点調整を行なう制御手段(44)とを有する。

【0023】これによれば、メモリ内には感光基板上の少なくとも3点について計測された投影光学系の像面湾曲データが記憶されている。

【0024】この場合、マスクに形成されたパターンの像が投影される感光基板上的露光領域が可変視野絞りにより設定されると、演算手段ではメモリ内の像面湾曲デ

ータに基づいて、投影光学系の露光領域内の合焦位置と、投影光学系の光軸近傍の合焦位置との差分を演算する。そして、制御手段では、前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、位置制御系を介して露光領域のほぼ中心の領域が焦点検出系の検出中心に一致するように感光基板を位置決めし、前記差分を用いて焦点検出系により露光領域の焦点調整を行なう。

【0025】このため、可変視野絞りをを用いて投影光学系の露光可能領域内において露光可能領域の内の一部領域のみを露光領域として設定し、この部分のみ露光を行なう場合でも、設定された露光領域について正しく焦点を合わせた状態で露光が行われるのみならず、制御手段により、像面湾曲データと感光基板上的露光領域を設定する可変視野絞りの設定情報とに基づいて、露光領域の中心で焦点位置合わせが行なわれるので、像面湾曲成分の影響による焦点ずれを補正した最適な焦点位置合わせが可能となる。従って、露光領域の形状変更により左右されることなく、常に請求項7に記載の発明の場合に比べてもより精度の高い焦点位置合わせを行なうことが可能となり、一層高精度な露光を行なうことが可能となる。

【0026】このように予め計測されメモリ内に記憶されている像面湾曲データを用いて、焦点位置合わせ時に像面湾曲の影響による焦点ずれを補正しても良いが、露光の際に、投影光学系の像面湾曲を計測しても良い。

【0027】かかる点に鑑み、請求項9に記載の発明は、露光光(EL)によりパターンが形成されたマスク(R)を照明し、該マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感光基板(W)上に露光する投影露光装置であって、基準平面内を2次元移動可能な基板ステージ(12)と；前記基板ステージ(12)上に搭載され、前記感光基板(W)を保持して投影光学系(PL)の光軸(AX)方向に微動可能な試料台(18)と；前記基板ステージ(12)と前記試料台(18)とをそれぞれの移動方向に駆動する駆動系(21)と；前記試料台(18)の前記基準平面内の位置を計測する位置計測手段(31)と；前記位置計測手段(31)の出力をモニタしつつ前記駆動系(21)を介して前記試料台(18)の前記基準平面内の位置を制御するステージ制御系(44)と；前記投影光学系(PL)の光軸(AX)近傍で前記感光基板(W)の前記光軸方向の位置を検出する焦点検出系(42、44)と；前記パターン像が投影される前記感光基板(W)上の露光領域(sa)を設定する可変視野絞り(45A、45B)と；前記投影光学系(PL)の最良結像面を検出する第2の焦点検出系(30)と；前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、前記可変視野絞りで設定された前記露光領域(sa)内の複数点の前記投影光学系(PL)の像面湾曲データを前記第2の焦点検出系(30)を用いて計測する像面湾曲計測手段(44)と；前記像面湾曲データに基づいて前記露光領域内の合焦位置と前記焦

点検出系の検出中心近傍での前記投影光学系の合焦位置との差分を演算する演算手段(44)と;前記可変視野絞りの設定情報に基づいて、前記ステージ制御系(44)を介して前記可変視野絞りで設定された前記露光領域の中心点が前記焦点検出系の検出中心に一致するように前記感光基板を位置決めし、前記差分を用いて前記焦点検出系(42、44)を調整して焦点位置合わせを行なう制御手段(44)とを有する。

【0028】これによれば、基板ステージは基準平面内を2次元移動可能とされ、この基板ステージ上に、感光基板を保持して投影光学系の光軸方向に微動可能な試料台が搭載されている。従って、試料台は基準平面内を2次元移動可能で投影光学系の光軸方向に微動可能となっている。駆動系は、基板ステージと試料台とをそれぞれの移動方向に駆動する。試料台の基準平面内の位置は位置計測手段によって計測され、ステージ制御系では位置計測手段の出力をモニタしつつ駆動系を介して基板ステージの位置を制御するようになっている。また、焦点検出系では投影光学系の光軸近傍で感光基板の光軸方向の位置を検出するようになっている。投影光学系の最良結像面を検出する第2の焦点検出系も設けられている。さらに、マスクのパターン像が投影される感光基板上の露光領域を設定する可変視野絞りも設けられている。

【0029】この場合、像面湾曲計測手段により、可変視野絞りの設定情報に基づいて、可変視野絞りで設定された露光領域内の複数点の投影光学系の像面湾曲データが第2の焦点検出系を用いて計測されると、演算手段では像面湾曲データに基づいて露光領域内の合焦位置と焦点検出系の検出中心近傍での投影光学系の合焦位置との差分を算出する。そして、制御手段では、可変視野絞りの設定情報に基づいて、ステージ制御系を介して可変視野絞りで設定された露光領域の中心点が焦点検出系の検出中心に一致するように感光基板を位置決めし、算出された差分を用いて焦点検出系を調整して焦点位置合わせを行なう。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図8に基づいて説明する。

【0031】図1には、一実施形態に係る投影露光装置10の概略構成が示されている。この投影露光装置10は、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置である。

【0032】この投影露光装置10は、感光基板としてのウエハWを保持して基準平面(XY平面)内をXY直交2軸方向及び基準平面に直交するZ軸方向の直交3軸方向に移動可能な試料台としての基板テーブル18を備えたXYステージ装置14と、前記基準平面に直交するZ軸方向をその光軸AXの方向としてXYステージ装置14の上方に配置された投影光学系PLと、この投影光学系PLの上方でその光軸AXに直交して配置されたマ

スクとしてのレチクルRを保持するレチクルホルダ36とを備えている。

【0033】この内、XYステージ装置14は、ベース11と、このベース11上を図1におけるY方向(紙面左右方向)に往復移動可能なYステージ16と、このYステージ16上をY方向と直交するX方向(紙面直交方向)に往復移動可能な基板ステージとしてのXステージ12と、このXステージ12上に設けられた基板テーブル18とを有している。また、基板テーブル18上に、ウエハホルダ25が載置され、このウエハホルダ25によってウエハWが真空吸着によって保持されている。

【0034】基板テーブル18は、Xステージ12上にXY方向に位置決めされかつZ軸方向の移動及びZ軸回りの回転(θ 回転)が許容された状態で取り付けられており、この基板テーブル18上には移動鏡27が固定され、外部に配置された位置計測手段としての干渉計31によって基板テーブル18のX方向、Y方向及び θ 方向(Z軸回りの回転方向)の位置が高精度(例えば、0.01 μ mの分解能で)モニタされ、干渉計31により得られた位置情報が主制御装置44に供給されている。主制御装置44は、駆動系としての駆動装置21等を介してYステージ16、Xステージ12及び基板テーブル18の位置決め動作を制御すると共に、装置全体の動作を統括制御する。なお、基板テーブル18のZ軸方向駆動及び θ 回転は、駆動装置21により不図示のZ・ θ 駆動機構を介して行われる。

【0035】また、基板テーブル18上の一端部には、不図示のオフアクシス方式のアライメント検出系の検出中心から投影光学系PLの光軸までの距離を計測するベースライン計測等のための各種基準マークが形成された基準マーク板FMが固定されている。この基準マーク板FM上のマークには、投影光学系PLの最良結像面の検出に用いられる基準パターンが含まれる。なお、この投影光学系PLの最良結像面を検出する第2の焦点検出系の構成等については、後に詳述する。

【0036】前記レチクルホルダ36はその上面の4つのコーナー部分に真空吸着部34を有し、この真空吸着部34を介してレチクルRがレチクルホルダ36上に保持されている。このレチクルホルダ36は、レチクルR上の回路パターンが形成された領域であるパターン領域PAに対応した開口(図示省略)を有し、不図示の駆動機構によりX方向、Y方向、 θ 方向(Z軸回りの回転方向)に微動可能となっており、これによって、パターン領域PAの中心(レチクルセンタ)が投影光学系PLの光軸AXを通るようにレチクルRの位置決めが可能な構成となっている。

【0037】この投影露光装置10では、不図示のアライメント検出系の検出信号に基づいて主制御装置44によりレチクルRとウエハWとの位置合わせ(アライメント)が行なわれ、後述する焦点検出系の検出信号に基づ

いて、レチクルRのパターン面とウエハW表面とが投影光学系PLに関して共役となるように、かつ投影光学系PLの焦点面とウエハW表面とが一致するように、主制御装置44により駆動装置21を介して基板テーブル18がZ軸方向に駆動制御されて面位置の調整が行なわれる。このようにして位置決め及び合焦がなされた状態で、ミラー97、メインコンデンサレンズ99を含む照明光学系から射出された露光光ELによりレチクルRのパターン領域PAがほぼ均一な照度で照明されると、レチクルRのパターンの縮小像が投影光学系PLを介して表面にフォトレジストが塗布されたウエハW上に結像される。

【0038】ここで、図示は省略したが、照明光学系は、例えば水銀ランプ等の光源と、この光源から射出された露光光を集光する楕円鏡と、この集光された露光光をほぼ平行な光束に変換するインプットレンズと、このインプットレンズから出力された光束が入射して後側（レチクル側）焦点面に多数の二次光源を形成するフライアイレンズと、これら二次光源から射出された露光光を集光してレチクルRを均一な照度で照明するコンデンサレンズ系等を含んで構成することができる。また、本実施形態では、照明光学系内には、2枚のL字型の可動ブレード45A、45Bを有する可変視野絞りとしての可動ブラインド（以下、この可動ブラインドを適宜「可動ブラインド45A、45B」と呼ぶ）が設けられており、この可動ブラインド45A、45Bの配置面はレチクルRのパターン面と共役となっている。また、この可動ブラインド45A、45Bの近傍に、開口形状が固定された固定ブラインド46が配置されている。固定ブラインド46は、例えば4個のナイフエッジにより矩形的開口を囲んだ視野絞りであり、その矩形開口により投影光学系による露光可能領域SA（図7参照が規定されている）。

【0039】可動ブラインド45A、45Bは、可動ブラインド駆動機構43A、43BによってXZ平面内でX、Z軸方向に駆動され、これによって固定ブラインド46で規定されたレチクルR上の照明領域の一部がマスクキングされ、照明領域が任意の形状（大きさを含む）の矩形状に設定され、結果的にレチクルR上の照明領域と共役なウエハW上の露光領域も任意形状（大きさを含む）の矩形領域に設定される。すなわち、本実施形態では、可動ブラインド45A、45BによってウエハW上の露光領域sa（図7参照）が設定されるようになっている。駆動機構43A、43Bの動作が不図示のメインコンピュータからのブラインド設定情報（マスクキング情報）に応じて主制御装置44によって制御される。

【0040】更に、本実施形態では、投影光学系PLによるパターン投影領域内にウエハWが位置したとき、ウエハW表面のZ方向（光軸AX方向）の位置を検出するために、斜入射光式の焦点検出系が設けられている。

この焦点検出系は、光ファイバ束81、集光レンズ82、スリット板83、レンズ84、ミラー85及び照射対物レンズ86から成る照射光学系40と、集光対物レンズ87、回転方向振動板88、結像レンズ89、受光スリット板93及びシリコンフォトダイオード又はフォトトランジスタ等のフォトセンサ90から成る受光光学系42とから構成されている。

【0041】ここで、この焦点検出系の構成各部の作用を説明すると、露光光ELとは異なるウエハW上のフォトレジストを感光させない波長の照明光が、図示しない照明光源から光ファイバ束81を介して導かれている。光ファイバ束81から射出された照明光は、集光レンズ82を経てスリット板83を照明する。スリット板83のスリット（開口）を透過した照明光は、レンズ84、ミラー85及び照射対物レンズ86を介してウエハWを斜めに照射する。このとき、ウエハWの表面が最良結像面にあると、スリット板83のスリットの像がレンズ84、照射対物レンズ86によってウエハWの表面に結像される。また、対物レンズ86の光軸とウエハ表面との角度は5～12度位に設定され、スリット板83のスリット像の中心は、投影光学系PLの光軸AXがウエハWと交差する点に位置する。

【0042】さて、ウエハWで反射したスリット像光束は、集光対物レンズ87、回転方向振動板88及び結像レンズ89を経てフォトセンサ90の手前側に配置された受光用スリット板93上に再結像される。回転方向振動板88は受光用スリット板93にできるスリット像を、その長手方向と直交する方向に微小振動させるものである。ここで、結像レンズ89と受光用スリット板93との間に、受光用スリット板93上のスリットとウエハWからの反射スリット像の振動中心との相対関係を、スリット長手方向と直交する方向にシフトさせるための、プレーンパラレルを配置しても良い。

【0043】ここで、主制御装置44には発振器（OSC.）が内蔵されており、このOSC.からの駆動信号でドライブされる加振装置92により回転方向振動板88が振動される。

【0044】こうして、スリット像が受光用スリット板93上で振動すると、スリット板93のスリットを透過した光束はフォトセンサ90で受光される。そして、フォトセンサ90からの検出信号（光電変換信号）が信号処理装置91に供給される。この信号処理装置91には、同期検波回路（PSD）が内蔵されており、このPSDにはOSC.からの駆動信号と同じ位相の交流信号が入力されている。そして、信号処理装置91では上記の交流信号の位相を基準として同期整流を行ない、その検波出力信号、すなわち焦点位置検出信号FSは主制御装置44に出力される。焦点位置検出信号FSは、いわゆるSカーブ信号と呼ばれ、受光用スリット板93のスリット中心とウエハWからの反射スリット像の振動中心

とが一致したときに零レベルとなり、ウエハWがその状態から上方に変位しているときは正のレベル、ウエハWが下方に変位しているときは負のレベルになる。従って、焦点位置検出信号FSが零レベルになるウエハWの高さ位置（光軸方向位置）が合焦点として検出される。

【0045】ただし、このような斜入射光方式では合焦点（信号FSが零レベル）となったウエハWの高さ位置が、いつでも最良結像面と必ず一致しているという保証はない。すなわち、焦点位置検出信号FSは、基準マーク板FM又はウエハWの投影光学系PLの光軸方向の位置を示す信号であり、間接方式で焦点位置を示す信号である。従って、その焦点位置検出信号FSを使用して合焦点を検出するには、予め直接方式で基準マーク板FM又はウエハWの投影光学系PLに対する合焦状態を調べておき、真の合焦点又は後述のようにその近傍の位置での焦点位置検出信号FSのレベルが予め定められたレベル（これを「擬似的な合焦レベル」という）になるようにオフセットの調整（焦点検出系（40、42）のキャリブレーション）を行い、以後は信号FSがその擬似的な合焦レベルになるように基板テーブル18のZ軸方向の動きを制御すればよい。その擬似的な合焦レベルとしては、例えば0が使用される。

【0046】このような場合、合焦点等でその焦点位置検出信号FSのレベルに所定のオフセットを設定して焦点検出系（40、42）のキャリブレーションを行うには、光学的及び電気的な手法があるが、光学的に設定するには、要は基準マーク板FM等がZ軸方向の所定の位置に在る状態でフォトセンサ90の受光面での光量の分布を、所定の位置に変化させてやれば良い。例えば、前述したように、フォトセンサ90の前面にプレーンパラレルを配置してこのプレーンパラレルの角度を変えると、フォトセンサ90の受光面での光量の分布が変化するので、これによりキャリブレーションを行うことができる。また、信号FSの値がその合焦レベルになるように電氣的にオフセットを加えるようにしてもよい。

【0047】このように、焦点位置検出信号FSは間接方式で合焦点を示す信号であるため、露光光吸収等で投影光学系PLの結像面（焦点）の位置が変化した場合には、信号FSが擬似的な合焦レベルになる合焦点と実際の合焦点との間にずれが生じている虞がある。そこで、本実施形態では、キャリブレーション信号KSを用いてその焦点位置検出信号FSのオフセット設定（焦点検出系（40、42）のキャリブレーション）を行う。このため、本実施形態では、投影光学系PLの最良結像面を検出してキャリブレーション信号KSを主制御装置44に出力する第2の焦点検出系が設けられている。

【0048】次に、この投影光学系PLの最良結像面を検出する第2の焦点検出系30について、図2に基づいて説明する。

【0049】図2には、本実施形態に係る投影露光装置10を構成する投影光学系PLのベストフォーカス面を検出するTTL方式の第2の焦点検出系30の構成が示されている。

【0050】この第2の焦点検出系30は、基板テーブル18上にウエハWの表面とほぼ等しい高さ位置で固定された基準マーク板FM（より正確には、この上の基準パターン）と、基準マーク板FMの下方（基板テーブル18の内部）に設けられたミラーM1、照明用対物レンズ50及び光ファイバ51と、この光ファイバ51の入射端側に設けられたビームスプリッタ52、レンズ系53、54及び光電センサ55とを含んで構成されている。

【0051】図2において、絞り面（瞳面）EPを挟んで前群、後群に分けて模式的に表わした投影光学系PLの光軸AXはレチクルRの中心、すなわちパターン領域PAの中心を、レチクルパターン面に対して垂直に通る。

【0052】前記基準マーク板FMの上面には、図3に示されるように、一定ピッチのライン/スペースよりなる振幅型の回折格子マーク28A並びにこの回折格子マーク28Aを反時計方向にそれぞれ45°、90°及び135°回転させて得られる格子よりなる回折格子マーク28B、28C及び28Dが形成されている。これら4種類の回折格子マーク28A～28Dにより基準パターン28が構成される。このように種々の方向の回折格子マークを形成するのは、レチクルR上のパターンの影響を除くため、及び投影光学系PLのイメージフィールド内の任意の点におけるサジタル（S）方向及びメリディオナル（M）方向の焦点位置（非点収差）を計測可能とするためである。基準マーク板FMの回折格子マーク形成面とウエハWの露光面とは投影光学系PLの光軸方向に同じ高さになるようにしておく。なお、基準マーク板FM上に形成するパターンは、位相型の回折格子マークであってもよい。

【0053】さて、図2において、露光用照明光ELがレンズ系53及び光ファイバ51の入射端側に配置されたビームスプリッタ52を介して、光ファイバ51に導入される。この照明光は、光ファイバ51の射出端から射出され対物レンズ50によって集光されて、ミラーM1を介して基準マーク板FMの回折格子マーク28A～28Dをとともに裏側から照射する。ここで、照明光ELはレチクルR照明用の光源（水銀ランプ、エキシマレーザ等）から得るのが望ましいが、別に専用の光源を用意しても良い。ただし、別光源にするときは、露光用照明光と同一波長、又はそれに極めて近似した波長の照明光にする必要がある。

【0054】また、対物レンズ50による基準マーク板FMの照明条件は、パターン投影時の投影光学系PLでの照明条件と極力合わせる、すなわち、投影光学系PL

の像側の照明光の開口数(N. A.)と対物レンズ50から基準マーク板FMへの照明光の開口数(N. A.)とをほぼ一致させることが望ましい。

【0055】照明光ELにより照射された基準マーク板FM上の回折格子マーク28A~28Dからは投影光学系PLへ送進する像光束が発生する。図2において、基板テーブル18は投影光学系PLの最良結像面(レチクル共役面)F_oから僅かに下方に基準マーク板FMが位置するようにセットされているものとする。このとき基準マーク板FM上の一点から発生した像光束L1は投影光学系PLの瞳面EPの中心を通り、レチクルRのパターン面からわずかに下方へずれた面Fr内で集光した後に発散し、レチクルRのパターン面で反射してから元の光路を戻す。ここで、面Frは、投影光学系PLに関して基準マーク板FMと共役な位置にある。投影光学系PLが両側テレセントリック系であると、基準マーク板FM上の回折格子マーク(発光マーク)28A~28Dからの像光束は、レチクルRの下面(パターン面)で正規反射して再び回折格子マーク(発光マーク)28A~28Dと重畳するように戻ってくる。但し、図2のように基準マーク板FMが結像面F_oからずれていると、基準マーク板FM上には各マーク28A~28Dのぼけた反射像が形成され、基準マーク板FMが結像面F_oと一致しているときは、面FrもレチクルRのパターン面と一致することになり、基準マーク板FM上には各マーク28A~28Dのシャープな反射像がそれぞれのマークに重畳して形成されることになる。両側テレセントリックな投影光学系PLでは、レチクルRのパターン面からの反射像は自身の源である発光マーク28A~28D上に投射される。そして基準マーク板FMがデフォーカスしていると、反射像は、マーク28A~28Dの形状寸法よりも大きくなり、かつ単位面積あたりの照度も低下する。

【0056】そこで、基準マーク板FM上にできる反射像のうち、元のマーク28A~28Dで遮光されなかった像部分の光束をミラーM1、対物レンズ50を介して光ファイバ51で受光し、ビームスプリッタ52、レンズ系54を介して光電センサ55で受光するようにする。光電センサ55の受光面は投影光学系PLの瞳面(フーリエ変換面)EPとほぼ共役に配置される。

【0057】図2の構成においては、基板テーブル18を上下方向(Z方向)に移動させるだけでコントラスト信号を得ることができる。

【0058】図4には、光電センサ55の出力信号、すなわちキャリブレーション信号KSの信号レベル特性が示されている。この図4において、横軸は基板テーブル18のZ方向の位置、すなわち基準マーク板FMの光軸AX方向の高さ位置を表わす。ここで、図4(A)は発光マーク28A~28DがレチクルRのパターン面内のクロム部分に逆投影されたときの信号レベルを示し、図

4(B)はパターン面内のガラス部分(透明部分)に逆投影されたときの信号レベルを示す。通常、レチクルのクロム部分は0.3~0.5 μ m程度の厚みでガラス(石英)板に蒸着されており、クロム部分の反射率は当然のことながらガラス部分の反射率よりは格段に大きい。しかしながら、ガラス部分での反射率は完全に零ということはないので、図4(B)のようにレベルとしてはかなり小さくなるが、検出は可能である。また一般に実デバイス製造用のレチクルは、パターン密度が高いために、発光マーク28A~28Dの全ての逆投影像がレチクルパターン中のガラス部分(透明部分)に同時にかかる確率は極めて少ないと考えられる。

【0059】いずれの場合にしろ、基準マーク板FMの表面が最良結像面F_oを横切るように光軸方向に移動されると、Z方向の位置Z_oで信号レベルが極大値となる。従って、基板テーブル18のZ方向位置と出力信号KSとを同時に計測し、信号レベルが極大となったときのZ方向位置を検出することで、最良結像面F_oの位置が求まり、しかもこの検出方式ではレチクルR内の任意の位置で結像面F_oの検出が可能となる。すなわち、レチクルRが投影光学系PLの物体側にセットされてさえいれば、いつでも投影視野(イメージフィールド)内の任意の位置で絶対フォーカス位置(最良結像面F_o)が計測できる。また先に述べたようにレチクルRのクロム層は0.3~0.5 μ m厚であり、この厚みによって生じる最良結像面F_oの検出誤差は、投影光学系PLの投影倍率を例えば1/5縮小とすると、 $(0.3 \sim 0.5) \times (1/5)^2 = 0.012 \sim 0.02 \mu\text{m}$ となり、これはほとんど無視できる値である。

【0060】次に、図5を参照して、本実施形態に係る投影露光装置10で焦点位置検出信号FSのキャリブレーションを行う場合の全体の動作の一例を説明する。この場合、前回のキャリブレーション等により、基板テーブル18のZ軸座標がZ_oの位置が合焦点として設定されているものとする。

【0061】まず、図5のステップ101において、主制御装置44は駆動装置21を介してXステージ12、Yステージ16を動作させることにより、基準マーク板FMを投影光学系PLのイメージフィールド内の所望の計測点に移動させる。次のステップ102において、主制御装置44は、駆動装置21を介して基板テーブル18のZ軸座標を現在の合焦点であるZ_oから ΔZ だけ下方に移動させる。間隔 ΔZ は、投影光学系PLの結像面のZ軸方向の変動の予想される最大の絶対値をZ_{MAX}とすると、 $\Delta Z > Z_{MAX}$ となるように選ばれている。

【0062】そして、主制御装置44は、ステップ103において、駆動装置21及び不図示のZ・ θ 駆動機構を介して基板テーブル18のZ軸座標を(Z_o - ΔZ)から上方にほぼ一定速度で走査させる。この走査が開始されると、ステップ104において、主制御装置44

は、所定のサンプリングパルスに同期して、キャリブレーション信号KS及び焦点位置検出信号FSを並行して取り込んでそれぞれ内部メモリに書き込む。そして、ステップ105において、主制御装置44では基板テーブル18のZ軸座標が $(Z_B + \Delta Z)$ に達したか否かを調べ、Z軸座標が $(Z_B + \Delta Z)$ に達していない場合には、ステップ103に戻ってZ軸方向への走査を続ける。また、ステップ105でZ軸座標が $(Z_B + \Delta Z)$ に達した場合には、ステップ106に移行する。

【0063】上記ステップ102～ステップ105において、例えば、主制御装置44の内部メモリ内の第1記憶領域内の一連のアドレス領域には、図6(A)中に実線の曲線38で示されるようなキャリブレーション信号KSが記憶され、内部メモリ内の第2記憶領域内の一連のアドレス領域には図6(B)に示されるような0を中心としてS字状に変化する焦点位置検出信号FSが記憶される。図6(A)及び(B)の横軸はアドレスであるが、本実施形態のサンプリングパルスは一定時間間隔毎にハイレベル“1”となるパルス列であるため、そのアドレスは時間もとみなすことができる。更に、基板テーブル18はほぼ等速度で上昇しているため、時間も(又はアドレスの値)に1次変換を施すことにより基板テーブル18のZ軸座標の近似値を求めることができる。

【0064】図5に戻り、ステップ106において、主制御装置44では、キャリブレーション信号KSから求めた真の合焦点又はこの近傍の位置のZ軸座標と焦点位置検出信号FSから求められる擬似的な合焦点のZ軸座標との偏差量 δZ を算出する。

【0065】例えば、図6の例では、キャリブレーション信号KSが最大になるときのアドレスが真の合焦点 Z_C に対応するアドレスであり、焦点位置検出信号FSがSカーブ特性の中で0になるときのアドレスが前回のキャリブレーションで設定した合焦点 Z_B に対応するアドレスである。なお、基準マーク板FMに形成されている格子マークが位相格子であるときには、信号KSは図6(A)中の一点鎖線の曲線39で示されるように真の合焦点 Z_C で値が最小になる。従って、何れの場合でもその信号KSの凸又は凹のピークのアドレスから信号FSのゼロクロス点のアドレスを差し引いて得られる偏差アドレス量に所定の1次演算を施すことによりZ軸座標上の偏差量 δZ が求められる。

【0066】この場合、図5中のステップ107に示されるように、ステップ102～106までの動作をn回(nは2以上の整数)繰り返すことで偏差量の計測精度を上げることができる。更に、ステップ108に示されるように、1個の偏差量を算出する度に、駆動装置21を介してXステージ12、Yステージ16及び不図示のZ・ θ 駆動機構を動作させて、基準マーク板FMの投影光学系PLの光軸に垂直な面内での位置を微小量だけ変位させる。これにより基準マーク板FMの回折格子マ-

ク28A～28Dの像が投影されるレチクルRのパターン領域PAでの位置も微小量だけ変位するので、そのパターン領域PAのパターンの影響が除去され、計測精度の低下が防止される。

【0067】なお、ステップ107で計測がn回行われていないと判断された場合に直ちにステップ102に戻るようなシーケンスとしても良いことは勿論である。

【0068】その後、ステップ109において、主制御装置44では真の合焦点又はこの近傍の位置のZ軸座標と焦点位置検出信号FSから求められる擬似的な合焦点のZ軸座標との偏差量 δZ を平均化して得られた偏差量 $\langle \delta Z \rangle$ を内部メモリに格納する。これ以後、主制御装置44は前回のキャリブレーションにより設定されたZ軸座標の値 Z_B に $\langle \delta Z \rangle$ を加算して得た値 $(Z_B + \langle \delta Z \rangle)$ を合焦点とみなして、この合焦点での焦点位置検出信号FSが所定の擬似的な合焦レベルになるようにオフセットの調整を行う。

【0069】ところで、本実施形態に係る第2の焦点検出系30によると、レチクルRが投影光学系PLの物体側にセットされてさえいれば、いつでもイメージフィールド内の任意の位置で絶対フォーカス位置(最良結像面F_o)が計測できることは前述した通りであり、従ってこの第2の焦点検出系30と焦点検出系(40、42)とを用いて、各計測点毎に上記ステップ102～106の処理を行なうことにより、投影光学系PLの像面湾曲を計測できることは、特に説明を要しないであろう。

【0070】そこで、本実施形態では、基板テーブル18をXY次元面内で移動させながら、焦点検出系(40、42)と第2の焦点検出系30とを用いて計測された投影光学系PLの像面湾曲データが基板テーブル18のXY座標位置と対応付けて記憶されているメモリ96が、主制御装置44に併設されている。このメモリ96内に記憶されているデータの具体的利用法については、後に詳述する。

【0071】次に、上述のようにして構成された本実施形態に係る投影露光装置10における、投影光学系PLによる露光可能領域(SA)の全域を露光領域として露光を行なう際の動作について、説明する。ここでは、例えば特開昭61-44429号等に開示されているような、ウエハW上のアライメントマーク位置の計測値とショット配列の設計値とに基づいて、最小自乗法を用いた統計演算によりウエハ上の全ショット配列座標を求め、これに基づいて各ショット領域を露光位置に位置決めするいわゆるエンハンスト・グローバル・アライメント(以下、「EGA」という)方式により、ステップ・アンド・リピート方式の露光が行われる場合について説明する。

【0072】この場合、前提として不図示のレチクル顕微鏡によるレチクルアライメントは終了しているものと

【0073】始めに、主制御装置44では、基準マーク板FMが投影光学系PLの下に位置するように駆動装置21を介してYステージ16、Xステージ12を駆動して、基板テーブル18を移動させ、このときのレーザ干渉計31の出力を不図示の内部メモリに記憶する。次に、主制御装置44では基準マーク板FMが不図示のアライメントセンサの下に位置するように、駆動装置21を介してXステージ12及びYステージ16の一方又は両方を駆動して基板テーブル18を移動し、このときのアライメントセンサの出力とレーザ干渉計31の出力とを内部メモリに記憶する。すなわち、このようにしてベースライン計測を行う。なお、ベースライン計測のシーケンスは本実施形態においても従来の露光装置と同様であるので、その詳細な説明は省略する。

【0074】続いて、主制御装置44では、ウエハW上のアライメント用マークが不図示のアライメントセンサの下に位置するように駆動装置21を介して基板テーブル18を移動させ、アライメントセンサの出力とレーザ干渉計31の出力とに基づいてアライメントマーク位置を検出する。このようにて、所定のサンプルショットに付設されたアライメントマークの位置計測を実行し、この計測結果を用いていわゆるEGA演算によりウエハW上の全てのショット配列座標を求める。なお、このEGA演算については、上記特開昭61-44429号等に詳細に開示されているので、ここではその説明を省略する。

【0075】しかる後、主制御装置44では上記のアライメント用マーク位置の検出結果と前述したベースライン計測結果とに基づいて、各ショット領域（例えば、1ショット1チップ取りの場合は各半導体チップに相当）が投影光学系PLの下に順次位置決めされるように基板テーブル18を位置制御すると同時に信号処理装置91からの焦点位置検出信号FSに基づいてオートフォーカス動作を実行しつつ、照明系内の不図示のシャッタの開閉を制御して、基板テーブル18のステッピングと露光を繰り返す。このようにして、ステップ・アンド・リピート方式でウエハW上の各ショット領域へ順次重ね合わせ露光が行われる。

【0076】この場合において、不図示のメインコンピュータからブラインド設定情報（マスクング情報）が入力されると、主制御装置44ではこのブラインド設定情報に応答してブラインド駆動機構43A、43Bを介して可動ブラインド45A、45Bを駆動してウエハW上の露光領域の形状（大きさを含む）を設定する。また、主制御装置44では各ショット領域を投影光学系PLの下に位置決めするのに先立って、ブラインド設定情報に基づいて可動ブラインド45A、45Bで設定した露光領域の中心部分が焦点検出系（40、42）の検出中心に一致する位置まで、駆動装置21を介してXステージ12及びYステージ16の一方又は両方を駆動して

基板テーブル18を移動させ、その位置で信号処理装置91からの焦点位置検出信号FSに基づいて駆動装置21を介して基板テーブル18のZ位置を調整して焦点位置合わせを行なう。そして、その時のウエハW表面の光軸方向位置を保持したまま、現在のショット領域が露光位置に位置決めされるように、駆動装置21を介してXステージ12及びYステージ16の一方又は両方を駆動して基板テーブル18を露光位置まで移動させ、露光を行なう。

【0077】このため、可動ブラインド45A、45Bで設定した露光領域についても、焦点が合った状態で露光が行われ、解像力の向上、すなわち露光精度の向上を図ることが可能になる。

【0078】ここで、例えば、図7に実線で示される露光可能領域SAの右上の1/4の領域（斜線部）saを露光する場合には、上記の方法によると、実線で示される位置にある露光可能領域SAを一旦点鎖線（仮想線）で示される位置まで移動し、露光領域saの中心Pを露光フィールドIFの中心Oに位置決めし、ここで焦点位置合わせを行った後、ウエハWのZ位置を保持したまま再び領域SAを実線で示される位置に移動させて、露光（焼き付け）が行われることになる。この場合、図7からも明らかなように、可動ブラインド45A、45Bで設定された露光領域sa中心Pにおける焦点位置合わせ動作は投影光学系PLの露光可能領域SAの中心O部分で行い、露光は可動ブラインド45A、45Bで設定された露光領域saに対して行なわれることになるので、焼き付け時には投影光学系PLの端の部分を使用されることになる。しかるに、投影光学系PLには少なからず像面湾曲成分が存在し、焦点検出系（40、42）はその検出点が位置している投影光学系PLのベストフォーカス面に合うように調整されている。従って、像面湾曲成分の影響により、フォーカスずれが発生する可能性がある。従って、主制御装置44では、可動ブラインド45A、45Bによって設定されるウエハW上の露光領域sa内の像面湾曲成分によるフォーカスずれも補正するようにすることが望ましい。

【0079】次に、この像面湾曲成分によるフォーカスずれの補正も考慮した焦点位置合わせ動作について説明する。これには、2つの方法がある。

【0080】①第1の方法は、前述したメモリ96内に記憶されている、焦点検出系（40、42）及び第2の焦点検出系30を用いて予め計測された像面湾曲データを用いる方法である。

【0081】この場合、不図示のメインコンピュータからブラインド設定情報が入力されると、主制御装置44ではこのブラインド設定情報に応答してブラインド駆動機構43A、43Bを介して可動ブラインド45A、45Bを駆動してウエハW上の露光領域の形状（大きさを含む）を設定する。また、主制御装置44では、ウエハ

W上の各ショット領域を投影光学系PLの下に位置決めするのに先立って、ブラインド設定情報に基づいてメモリ96内に記憶されている露光領域sa内の中心に対応する像面湾曲データに基づいて、投影光学系PLの露光領域sa内の合焦位置と投影光学系PLの光軸近傍の合焦位置（焦点検出系（40、42）の検出中心での合焦位置）との差分を演算してその結果を内部メモリに一時的に記憶する。

【0082】次に、主制御装置44では、ブラインド設定情報に基づいて可動ブラインド45A、45Bで設定した露光領域saの中心部分が焦点検出系（40、42）の検出中心に一致する位置まで駆動装置21を介してXステージ12及びYステージ16の一方又は両方を駆動して基板テーブル18を移動させ、その位置で信号処理装置91からの焦点位置検出信号FSに基づいて駆動装置21を介して基板テーブル18のZ位置を調整して焦点位置合わせを行なうが、この際に、主制御装置44では、先に演算した差分を用いて焦点検出系の検出信号FSに電氣的にオフセットを設定して焦点位置合わせを行なう。

【0083】そして、その時のウエハW表面の光軸方向位置を保持したまま、露光領域saが露光位置に位置決めされるように、駆動装置21を介してXステージ12及びYステージ16の一方又は両方を駆動して基板テーブル18を露光位置まで移動させ、露光を行なう。

【0084】この場合において、メモリ96内に露光領域saの中心あるいはその近傍の像面湾曲データが存在しない場合には、メモリ96内に存在するその点に近い点の像面湾曲データを2次ないし6次関数を用いて補間し、この補間後の像面湾曲データとブラインド設定情報とに基づいて露光領域saの中心で上記と同様にして焦点位置合わせを行なうようにすれば良い。

【0085】これにより、投影光学系PLの露光可能領域内のどの部分においても常に良好な焼き付けを行なうことが可能となる。

【0086】② 第2の方法は、メモリ96がない場合、あるいはメモリ96内に適切な像面湾曲データが存在しない場合を考慮したもので、露光の際にリアルタイムで投影光学系PLの像面湾曲データの計測を行なうものである。

【0087】以下、この第2の方法を含む、露光時の動作について、図8のフローチャートに沿って説明する。ここでは、先に述べたいわゆるEGA方式により、ステップ・アンド・リピート方式の露光が行われる場合について説明する。

【0088】図8のステップ201において、主制御装置44では、不図示のレチクル顕微鏡と基準マーク板FM上の不図示の基準マーク（通常十字状マークが用いられる）とレチクルRに描画された不図示のレチクルマーク（例えば、二重十字状マーク）とを用いて、レチクル

中心が投影光学系PLの光軸にはほぼ一致するようにレチクルRを位置決めして、レチクルアライメントを行なう。レチクルアライメントのシーケンスは本実施形態においても従来の露光装置と同様であるので、その詳細な説明は省略する。

【0089】次のステップ202において、主制御装置44では、不図示のメインコンピュータからブラインド設定情報（但し、この場合ブラインド設定情報は一つとは限らない）に基づいて、このブラインド設定情報に従って設定される露光領域内の複数点（少なくとも領域中心を含む3点、より好ましくは中心及び4角の像高が同じ点の5点、更に好ましくは中心及び予め定められた一定間隔毎に像高が増加する9ないし13点）で、真の合焦点と擬似的な合焦点とのZ座標の偏差を求める。

【0090】具体的には、前述した図5のフローチャートのステップ101～ステップ107と同様の動作を、基板テーブル18の位置を各計測点位置に移動させながら行なうと、各計測点におけるキャリブレーション信号KSから求めた真の合焦点又はこの近傍の位置のZ軸座標と焦点位置検出信号FSから求められる擬似的な合焦点とのZ軸座標との偏差（ベストフォーカス値との偏差量）を求める。この各計測点における偏差量が像面湾曲データに他ならない。

【0091】この場合において、図7に示されるように、露光可能範囲SA内において、測定点の位置を予め決めておいて、可動ブラインド45A、45Bで設定された領域sa内にある測定点A（図7中に●で表示）で上記の真の合焦点と擬似的な合焦点とのZ座標の偏差を求めるようにしても良い。

【0092】次のステップ203で、主制御装置44ではステップ202で計測した偏差量の平均値を算出して内部メモリに記憶する。この偏差量の平均値を用いて焦点検出系（40、42）の検出信号FSに電氣的にオフセットを設定して焦点位置合わせを行なうと、可動ブラインド45A、45Bで設定された露光領域sa内の平均高さ位置を合焦点としてオートフォーカスが実行されるようになる。

【0093】次のステップ204で主制御装置44は、露光処理で登録されているブラインド設定情報の全てに対して上記ステップ202～203の処理が実行されたか否かを判断し、この判断が否定された場合にはステップ202～203の処理を繰り返す。一方、ステップ204における判断が肯定された場合には、ステップ205に進んで、干渉計31の出力をモニタしつつレチクルRとウエハWの回転位置合わせを実行した後、ステップ206に進んでベースライン計測及びEGA計測（サンプルショットに付設されたアライメントマークの位置計測及びそれを用いた統計演算）を実行し、この計測結果を用いてウエハW上の全てのショット配列座標を求める。

【0094】次のステップ207～208では、ウエハW上の各ショット領域を順次可動ブラインド45A、45Bで設定された露光位置に位置決めしつつ、露光を行い、全ての露光すべきショット領域の露光が終了すると、一連の処理を終了する。

【0095】ここで、上記ステップ207において、主制御装置44では各ショット領域に対応して予め定められたブラインド設定情報に変化する度毎にブラインド駆動機構43A、43Bを介して可動ブラインド45A、45Bを駆動してウエハW上の露光領域の形状（大きさを含む）を設定し、ステップ206で求められたショット配列座標及びブラインド設定情報に基づいて各ショット領域を露光位置に位置決めしつつ、露光を行なう。この際、各ショット領域を露光位置に位置決めするのに先立って、主制御装置44では、ブラインド設定情報に基づいて、駆動装置21を介して可動ブラインド45A、45Bで設定された露光領域saの中心点が焦点検出系（40、42）の検出中心に一致するようウエハWを位置決めし、ステップ203で算出した偏差分だけ焦点検出系（40、42）の検出信号FSに、例えば電氣的にオフセットを設定して焦点位置合わせを行なった後、その時のウエハW表面の光軸方向位置を保持したまま、露光領域saが露光位置に位置決めされるように、駆動装置21を介してXステージ12及びYステージ16の一方又は両方を駆動して基板テーブル18を露光位置まで移動させ、露光を行なう。

【0096】この場合も、ステップ202における処理を露光領域saの中心あるいはその近傍で行なわなかった場合には、実際に検出したその点に近い点の像面湾曲データを2次ないし6次関数を用いて補間し、この補間後の像面湾曲データとブラインド設定情報とに基づいて露光領域saの中心で上記と同様にして焦点位置合わせを行なうようにすれば良い。

【0097】これにより、投影光学系PLの露光可能領域SA内のどの部分においても常に良好な焼き付けを行なうことが可能となる。また、この第2の方法では露光処理で登録されているブラインド設定情報の全てに対してステップ202～203の処理が行われるので、レチクルRに複数種類の回路パターンが形成され、複数ショット領域毎に、それぞれのパターンを転写する場合等に特に好適である。

【0098】これまでの説明から明らかなように、本実施形態では駆動装置21、Xステージ12、Yステージ16、移動鏡27、干渉計31、主制御装置44によって基板テーブル18のXYZの3軸方向の位置を制御する位置制御系が構成されている。また、主制御装置44の機能によってステージ制御系、像面湾曲計測手段、演算手段、制御手段が実現されている。

【0099】なお、上記実施形態では、いわゆるEGA方式によりステップ・アンド・リピート方式の露光を行

なう場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではなく、いわゆるダイ・バイ・ダイ方式によりステップ・アンド・リピート方式の露光を行なう場合等にも、同様に適用できることは勿論である。

【0100】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし6に記載の発明によれば、露光領域の形状変更により左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なうことができる投影露光装置が提供される。

【0101】また、請求項7ないし9に記載の発明によれば、露光領域の形状変更により左右されることなく、常に適切な焦点位置合わせを行なって高精度な露光を行なうことができるという従来にない優れた投影露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の投影露光装置を構成する投影光学系のベストフォーカス面を検出するTTL方式の第2の焦点検出系の構成を示す図である。

【図3】図1の基準マーク板FM上面に形成された回折格子マークを示す図である。

【図4】キャリブレーション信号の信号レベル特性を示す図であって、（A）は発光マークがレチクルのパターン面内のクロム部分に逆投影されたときの信号レベルを示す図、（B）はパターン面内のガラス部分（透明部分）に逆投影されたときの信号レベルを示す図である。

【図5】図1の投影露光装置で焦点位置検出信号のキャリブレーションを行う場合の、主制御装置の制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図6】上記キャリブレーションの際に、主制御装置の内部メモリ内に記憶される信号を示す図であって、（A）はキャリブレーション信号を示す波形図、（B）は焦点位置検出信号を示す波形図である。

【図7】図1の可動ブラインドで設定された露光領域の焦点位置合わせ時の動作を説明するための図である。

【図8】露光の際にリアルタイムで投影光学系PLの像面湾曲データの計測を行なう方法を含む、露光シーケンスを示すフローチャートである。

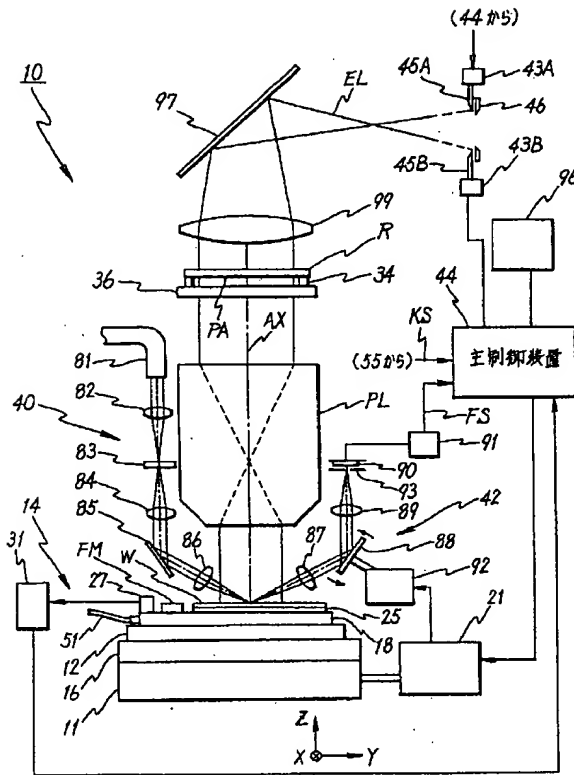
【符号の説明】

- 10 投影露光装置
- 12 Xステージ
- 18 基板テーブル
- 21 駆動装置
- 27 移動鏡
- 30 第2の焦点検出系
- 31 干渉計
- 40 照射光学系
- 42 受光光学系

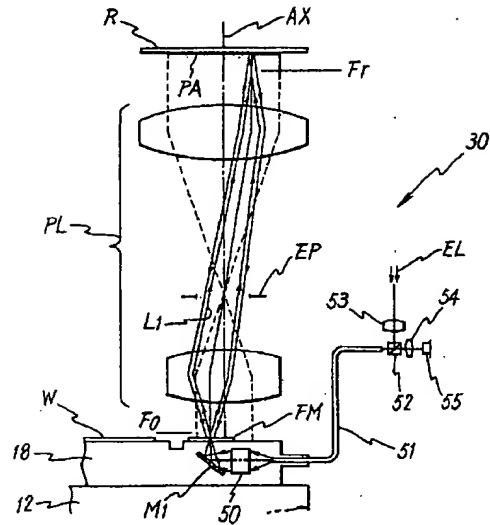
44 主制御装置
 45A、45B 可動ブラインド
 96 メモリ
 EL 露光光

R レチクル
 PL 投影光学系
 W ウエハ

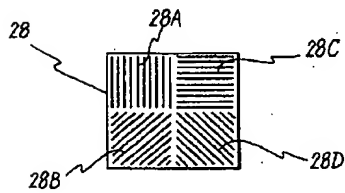
【図1】



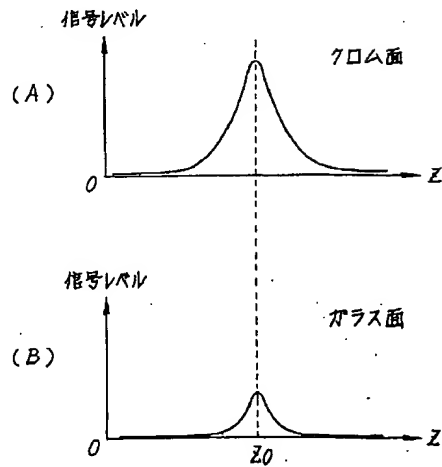
【図2】



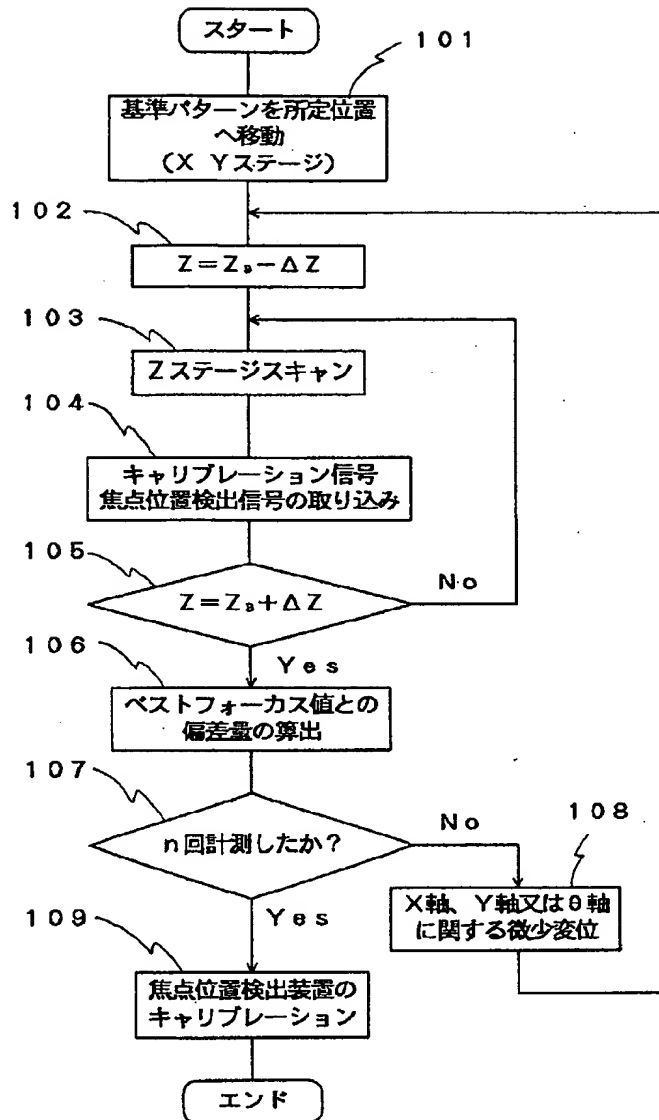
【図3】



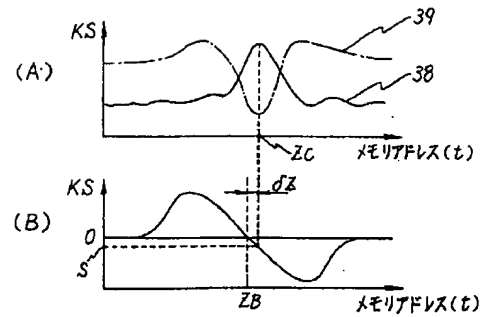
【図4】



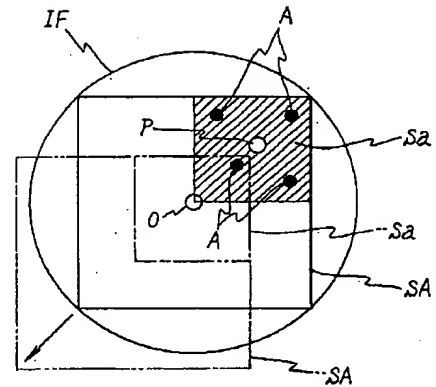
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

